



El objetivo de este equipo es estudiar y conocer el funcionamiento de un intercambiador de tubos concéntricos.

El principio de funcionamiento básico de todo intercambiador de calor es el intercambio de calor entre dos fluidos, bien porque queremos enfriar o calentar alguno de ellos.

Por lo tanto, en el intercambiador siempre tenemos un fluido caliente que va disminuyendo su temperatura a lo largo del mismo, transmitiendo ese calor en favor del otro fluido frío en el que va aumentando la misma.


El equipo dispone de un PC desde el que controlar todo el proceso y registrar todos los datos.

**DIKOIN**  
TC07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS


### 3.2. FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

Una vez ensamblado el equipo y conectado al suministro de agua del laboratorio, debemos tener en cuenta los siguientes elementos del equipo para poder realizar las siguientes prácticas:

1. Llave de paso de agua caliente: Esta válvula regula el paso del agua caliente al circuito. Mantener siempre abierta al mismo para la realización de las prácticas.




2. Válvula de regulación de agua fría: Con esta válvula regulamos el caudal de agua fría en el circuito.




18

**DIKOIN**  
TC07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

3. Válvula de regulación de agua caliente: Con esta válvula regulamos el caudal de agua caliente en el circuito.



4. Sensores de temperatura: Los sensores de temperatura leen la temperatura de agua en los diferentes puntos bajo estudio.
5. Purgador: el circuito presenta dos purgadores que permiten eliminar el aire introducido en los tubos.
6. Botella de inyección del software.



19


**DIKOIN**  
TC07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

### 6. PRÁCTICAS REALIZABLES

#### 6.1. TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS: FLUIDO PARALELO

**MÉTODOS**

Lo primero es calibrar las válvulas de control en la posición adecuada para trabajar con flujo en paralelo. Para realizar la toma de medidas debemos, por tanto, abrir las válvulas de control 2 y 3 tal y como se muestra a continuación.



El siguiente paso a realizar, es poner en marcha la bomba mediante el programa informático.



20

El manual de usuario muestra claramente y con gran cantidad de imágenes, todo el proceso a seguir para el manejo del equipo.

**DIKOIN**  
TC07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

Para el caso de flujo laminar en el interior de un cilindro y flujo de calor por unidad de área a través de la pared del tubo uniforme, utilizamos la siguiente expresión para calcular el número de Biot:

$$Bi = Ra = 2300$$

$$Nu_{int} = 4364$$

En régimen turbulento en el interior de un cilindro utilizamos la expresión:

$$Nu_{int} = 3800 + Ra = 10^4$$

$$Nu_{ext} = 0,023 \cdot Ra^{0.8} \cdot Pr^{0.4}$$

Una vez obtenido el número de Biot(s) correspondiente, despejamos el coeficiente de película "h" de la ecuación:

$$Nu = \frac{h \cdot L_c}{k} \Rightarrow h = \frac{Nu \cdot k}{L_c}$$

Cuando "h" del fluido caliente y del frío, los sustituimos en la ecuación  $U_{total} = \frac{1}{\frac{1}{h_c} + \frac{1}{h_f}}$  obteniendo el coeficiente de transmisión de calor teórico.

Para el caso de conductas no cilíndricas, utilizamos el diámetro hidráulico:

$$D_h = \frac{4 \cdot A_c}{P_{mojado}}$$

Donde:

- $A_c$ : Área del flujo [m<sup>2</sup>]
- $P_{mojado}$ : Perímetro mojado [m]

Con el valor de las propiedades del agua caliente y fría utilizamos la temperatura media entre la de entrada y la de salida:

$$T_m = \frac{T_{entrada} + T_{salida}}{2}$$

21

**DIKOIN**  
TC07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

#### 4.4. INTERCAMBIADOR DE TUBOS CONCÉNTRICOS

Utilizamos la ecuación de **Colucci/Barber**:

Regimen laminar  $Re < 2300$

$$\begin{aligned}
 Si \frac{L}{D} > 60 & \quad h = 1,42 \cdot \frac{k}{D} \left( Ra \cdot Pr \cdot \frac{D}{L} \right)^{0.4} \left( \frac{Pr}{Pr_s} \right)^{0.25} \\
 Si 2 < \frac{L}{D} < 70 & \quad h = 1,28 \cdot \frac{k}{D} \left( Ra \cdot Pr \cdot \frac{D}{L} \right)^{0.4} \left( \frac{Pr}{Pr_s} \right)^{0.25} \cdot \left( 1 + \left( \frac{D}{L} \right)^{0.4} \right) \\
 Si 20 < \frac{L}{D} < 60 & \quad h = 1,85 \cdot \frac{k}{D} \left( Ra \cdot Pr \cdot \frac{D}{L} \right)^{0.4} \left( \frac{Pr}{Pr_s} \right)^{0.25} \cdot \left( 1 + 5 \cdot \left( \frac{D}{L} \right)^{0.4} \right)
 \end{aligned}$$

Regimen turbulento

$$h = 0,027 \cdot \frac{k}{D} \cdot Ra^{0.8} \cdot Pr^0$$

*h en W/m<sup>2</sup>·K (calentamiento) o en W/m<sup>2</sup>·K (enfriamiento)*

Donde:

- $h$ : Coeficiente térmico del fluido  $\left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$
- $D$ : Diámetro interior [m]
- $Pr$ : Número de Prandtl
- $L$ : Longitud [m]
- $\mu$ : Viscosidad del fluido (Pa·s)
- $\mu_s$ : Viscosidad fluido a la temperatura de la pared. (Pa·s)
- $Re$ : Número de Reynolds

Número de Reynolds tubo exterior

$$Re_{ext} = \frac{4 \cdot Q_{calentamiento}}{\pi \cdot D_{exterior} \cdot \nu}$$

22

El manual de prácticas muestra y explica todos los fundamentos teóricos, así como las fórmulas matemáticas utilizadas para la realización de toda la experimentación.

## TC 07.1 - TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

**DIKOIN**  
TC 07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

8.1.2.- LECTURAS PREVISTOS FLUIDO EN PARALELO

- LECTURAS

LECTURA Nº	1	2	3	4	5
TEMPERATURA AGUA FRÍA EXTERIOR	3,1	4,8	2,6	2	2
TEMPERATURA AGUA FRÍA INTERIOR	21,8	29,8	28,7	20,8	21,8
DEBIDA	-417,7	-406,5	-458,7	-718,5	-1075,7
TEMPERATURA AGUA FRÍA SUMINISTRADO	18,8	18,8	18,7	18,7	18
TEMPERATURA AGUA FRÍA RETORNO	22,5	20,8	21,7	23,3	26,4
TEMPERATURA AGUA CALIENTE EXTERIOR	3,2	2,8	2,8	2,2	3,3
TEMPERATURA AGUA CALIENTE INTERIOR	30,2	29,8	31,4	34,2	38,8
DEBIDA	166,6	183,8	181,8	484	1191,8
TEMPERATURA AGUA CALIENTE SUMINISTRADO	31,4	31,8	34	37,8	39,4
TEMPERATURA AGUA CALIENTE RETORNO	29,8	28,8	30,4	33	36,1

**DIKOIN**  
TC 07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

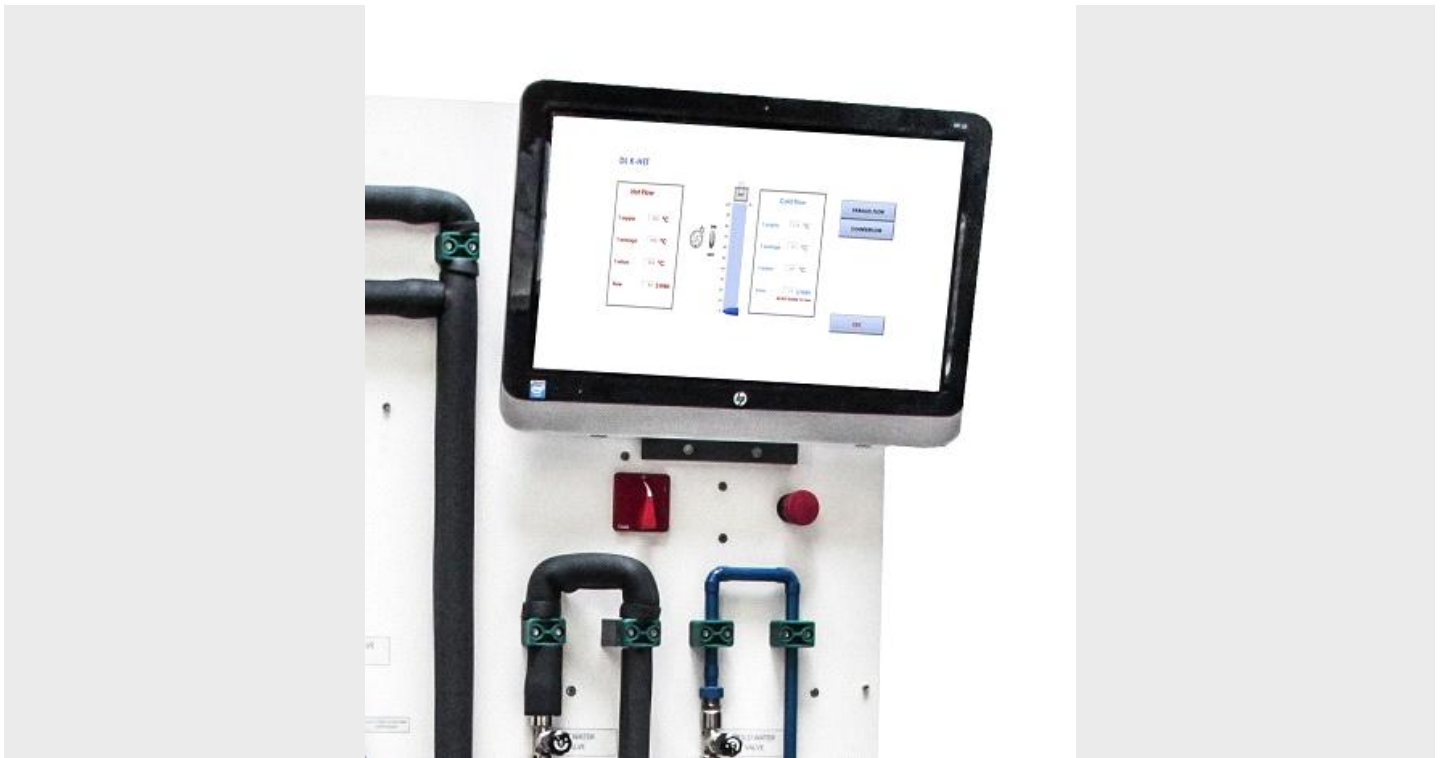
- PROPIEDADES FLUIDO CALIENTE A TEMPERATURA MEDIA

LECTURA Nº	1	2	3	4	5
TEMPERATURA MEDIA AGUA CALIENTE	30,6	30,7	32,2	35,3	37,9
DEBIDA EXPANSIÓN AGUA CALIENTE	4171	4177	4217	4277	4278
DEBIDA AGUA CALIENTE	881,2	881,1	894,6	881,7	892,9
DEBIDA AGUA CALIENTE	0,778	0,778	0,781	0,721	0,880
CONDUCTIVIDAD THERMAG AGUA CALIENTE	0,582	0,582	0,581	0,609	0,621

- PROPIEDADES FLUIDO FRIO A TEMPERATURA MEDIA

LECTURA Nº	1	2	3	4	5
TEMPERATURA MEDIA AGUA FRÍA	21	29,8	20,2	21,3	22,7
DEBIDA EXPANSIÓN AGUA FRÍA	4181	4282	4181	4281	4279
DEBIDA AGUA FRÍA	397,3	398,1	398,1	397,6	397,4
DEBIDA AGUA FRÍA	0,978	1,011	0,989	0,970	0,812
CONDUCTIVIDAD THERMAG AGUA FRÍA	0,585	0,600	0,594	0,581	0,571

Junto con el manual de uso, se entrega un manual completamente resuelto con los datos que se deben obtener durante las prácticas con el equipo. De este modo, el profesor puede revisar fácilmente si los alumnos están realizando el trabajo correctamente.



El equipo incluye un PC con el software de manejo del equipo. En el mismo se muestran los parámetros de todos los puntos de control del equipo, y se permite la recogida de datos en modo automático o manual.

## TC 07.1 - TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

### PRÁCTICAS REALIZABLES

Las prácticas y experiencias que se pueden realizar son las siguientes:

- Determinación de la pérdida de calor que se produce hacia el exterior.
- Cálculo de la Diferencia Media Logarítmica de Temperatura.
- Determinación del coeficiente global de transmisión de calor experimental.
- Determinación del coeficiente global de transmisión de calor teórico.
- Cálculo de la efectividad.

### DATOS TÉCNICOS

- Dimensiones: 1180x1210x1850 mm
- Potencia de la bomba: 55W
- Caudal máx.: 300 L/h
- Altura de elevación: 4.5m
- Potencia de las resistencias: 3000W
- Termostato: 30....90°C
- Deposito agua caliente: 20.5 l

#### Circuito agua caliente:

- Diámetro exterior tubo 15 mm.
- Diámetro interior tubo 12.4 mm.
- Longitud tubo intercambio de calor: 2 x 740mm

#### Circuito agua fría:

- Diámetro exterior tubo 22 mm.
- Diámetro interior tubo 20 mm.
- Longitud tubo intercambio de calor: 2 x 740mm

### REQUERIMIENTOS

- Alimentación eléctrica 230V/50Hz
- Suministro de agua mínimo: 5 l/min
- Desagüe